

NAMUR  
1961

2

*Cybernetica*

ASSOCIATION INTERNATIONALE DE CYBERNÉTIQUE  
INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CYBERNETICS

Sous la Présidence d'honneur de M. le Gouverneur de la Province de Namur

Conseil d'Administration  
*Board of Administration*

PRÉSIDENT :

M. Georges R. BOULANGER (Belgique), Professeur à la Faculté Polytechnique de Mons et à l'Université Libre de Bruxelles.

MEMBRES :

MM. René CLOSE (Belgique), Avocat.

Louis COUFFIGNAL (France), Inspecteur Général de l'Instruction Publique, Directeur du Laboratoire de Calcul Mécanique de l'Institut Blaise Pascal, Paris.

John DIEBOLD (U.S.A.), President of John Diebold and Associates, Inc., New York.

W. Ross ASHBY (United Kingdom), Professor at the University of Illinois, Urbana, U.S.A.

ADMINISTRATEUR-DÉLÉGUÉ :

M. Josse LEMAIRE (Belgique), Directeur de l'Office Économique, Social et Culturel de la Province de Namur.

CYBERNETICA

est la revue de l'Association Internationale de Cybernétique.  
Elle paraît 4 fois par an.

*is the review of the International Association for Cybernetics.  
It is issued four times a year.*

---

*Prix et conditions de vente — Price and conditions of sale.*

Abonnement annuel — *Yearly subscription :*

membres de l'Association	150,- F. B.
<i>members of the Association</i>	150,- F. B.
non-membres :	300,- F. B.
<i>non-members :</i>	300,- F. B.

Par numéro — *Each number :*

membres de l'Association	50,- F. B.
<i>members of the Association</i>	50,- F. B.
non-membres :	100,- F. B.
<i>non-members :</i>	100,- F. B.

Toute correspondance concernant la revue est à adresser à l'Association Internationale de Cybernétique, 13, rue Basse Marcelle, Namur (Belgique).

*All correspondence concerning the review is to be sent to the International Association for Cybernetics, 13, rue Basse Marcelle, Namur (Belgium).*

Secrétaire de Rédaction : M. Roger DETRY

# CYBERNETICA

VOLUME IV

N° 2 - 1961

Revue de l'Association Internationale de Cybernétique  
Review of the International Association for Cybernetics

NAMUR

Les articles sont rédigés en français ou en anglais au choix de leurs auteurs. Ils n'engagent que ces derniers.

La reproduction intégrale ou abrégée des textes parus dans la revue est interdite sans autorisation spéciale de l'Association Internationale de Cybernétique.

---

*The papers are written in English or in French according to the choice of their authors and on their own responsibility.*

*The complete or the partial reproduction of the papers printed in the review is forbidden without special authorization of the International Association for Cybernetics.*




# SOMMAIRE

# CONTENTS

H. JANNE : <i>Un modèle théorique du phénomène révolutionnaire ?</i> .....	77
R. TOMOVIC : <i>A general theoretical model of creeping displacement</i> .....	98
D. L. SZÉKELY : <i>On basic aspects of the concept-transforming machine</i> ..	108
R. A. SHARPE : <i>Logical nets and human groups</i> .....	122

---



Digitized by the Internet Archive  
in 2024

# Un modèle théorique du phénomène révolutionnaire ?

par Henri JANNE,

*Professeur de Sociologie à l'Université de Bruxelles,  
Président du Conseil Scientifique de l'Institut de Sociologie  
Solvay (1)*

---

De même que l'on a construit des modèles macroéconomiques qui permettent de rendre compte des mouvements principaux d'une économie nationale, peut-on envisager de contruire des modèles macrosociologiques qui permettraient d'expliquer les changements essentiels des structures dans une société globale déterminée ?

Sans doute, dès l'abord, une différence doit-elle être notée : les modèles économiques sont le support d'expressions quantitatives de flux de biens et de services, traduits en unités monétaires, et les données statistiques pourvoient à la juste représentation des faits.

Les modèles sociologiques, quant à eux, ne peuvent être que le support d'expressions qualitatives de tensions et de mutations, ayant pour objet des « valeurs » ; toutefois le support structurel lui-même de ces tensions ou mutations, pourrait se représenter objectivement à partir de la distribution socio-professionnelle de la population active pour laquelle des données statistiques existent. Une comparaison, dans le temps, ferait apparaître alors les flux de la mobilité sociale.

## I

Sans vouloir m'égarer dans des discussions épistémologiques ou méthodologiques, je crois devoir indiquer, au départ, comment je conçois la notion même de « modèle » et son usage opérationnel.

Premier argument : référons-nous, un instant, à l'un des excellents

---

(1) Article publié dans *Annales*, n° 6, Nov.-Déc. 1960, A. Colin, Paris.



rapports présentés au colloque commémoratif, en 1955, du 25<sup>e</sup> anniversaire de la construction du « Social Science Research Building » de l'Université de Chicago : réunion particulièrement brillante de spécialistes de sciences sociales, dans le cadre de l'une des meilleures écoles d'Amérique. J'y retiendrai particulièrement le rapport de Herbert A. Simon et Allen Newell, intitulé *Models : their uses and limitations* <sup>(1)</sup>. D'après lui, le « modèle » n'est qu'une théorie mise en forme selon un langage déterminé : *verbal, mathématique, analogique*. Aussi le modèle est une transposition, évidemment plus ou moins simplifiée, des phénomènes réels... Il doit donc être *au moins implicitement* le reflet de *tous les éléments connus* des phénomènes considérés, sinon il y a erreur par omission. Il doit être aussi le reflet, la projection *exacte* de ces éléments, c'est-à-dire, avoir réduit ces éléments chacun selon les mêmes lois, au sens où, par exemple, un film cinématographique en noir et blanc est une transposition fidèle de la réalité, bien que les couleurs de celle-ci et le relief en soient absents.

Exemple de modèle : une théorie ou un modèle macroéconomique permet de représenter le phénomène suivant : « La consommation croît linéairement avec le revenu, mais moins que proportionnellement ». Cette formulation relève du modèle verbal.

Mais cette représentation peut être mise en formule algébrique. Elle relève alors du modèle mathématique.

Cette représentation, enfin, peut être réalisée par un mécanisme d'hydraulique où des fluides colorés coulent dans des tubes de verre dont la section est dictée par la transposition de la réalité (machine dite « Moniac », créée en Angleterre). A. Simon écrit : Je ne pourrais formuler ici cette théorie, puisque « its statement is not in words, but in water » <sup>(2)</sup>. Ceci relève du modèle analogique.

Dans ces trois cas, la base conceptuelle du modèle reste donc la même : un raisonnement analogique. Le théorème sur la consommation, l'équation keynésienne qui l'exprime, ou la variation correspondante de Moniac ont exactement le même contenu logique.

Nécessairement le point de départ est le modèle verbal, première approximation. C'est là, évidemment, que nous en sommes encore en ce qui concerne l'élaboration d'un modèle des changements essentiels des structures globales, dont le plus marquant est, à mon

<sup>(1)</sup> *The state of the social sciences*, edited by Leonard D. WHITE, The University of Chicago Press, 1957, 2<sup>d</sup> ed., 504 pages.

<sup>(2)</sup> Il va sans dire qu'un tel modèle pourrait être réalisé par les techniques de l'électronique ; ce pourrait être un modèle cybernétique.



avis, le phénomène révolutionnaire. Encore faut-il que le « modèle », dès sa première forme, pour représenter l'essentiel, le « significatif » comme l'a dit Goldmann, élimine l'accidentel, le contingent. Le significatif, au-delà du descriptif, est l'expression d'implications fondamentales des composants du modèle. Bref, à ce stade verbal premier, le modèle aura joué son rôle s'il est capable de fournir une « problématique » efficace des phénomènes mis en cause et la validité d'une problématique se mesurera au cadre explicatif qui en est l'aboutissement dialectique.

\* \* \*

Ceci dit, il convient que nous analysions de près la signification, en soi, du modèle macrosociologique. Puis-je dire tout ce que je dois dans l'élaboration de ma propre conception, aux pensées de Georges Gurvitch, Claude Lévi-Strauss, Gilles Granger, Paul de Gaude-  
mar <sup>(1)</sup> ?

Claude Lévi-Strauss définit le « modèle » par quatre traits essentiels : 1<sup>o</sup>) il est un système « lié », tel que le changement apporté à un élément entraîne un changement des autres ; 2<sup>o</sup>) il est susceptible, par modification de ses paramètres, de présenter des variantes isomorphes ; 3<sup>o</sup>) il permet des prédictions dans la mesure où il est susceptible de différents états enchaînés par ses lois structurales ; 4<sup>o</sup>) enfin, il rend intelligibles les faits observés.

Le modèle représente donc un système. Et un système, c'est une structure qui contient en elle la source de ses propres dynamismes. Il est donc de nature dialectique. S'il porte en lui ses variables déterminantes, celles-ci peuvent être mises en mouvement de l'extérieur, mais selon les propres lois du système et des paramètres qui sont l'expression du « champ » dans lequel le système est situé ou se meut.

---

(1) Georges GURVITCH : 1<sup>o</sup> *Déterminismes sociaux et liberté humaine*, Presses Universitaires de France, 1955 ; 2<sup>o</sup> *Le concept de structure sociale*, dans Cahiers internationaux de Sociologie, XIX, 1955 ; 3<sup>o</sup> *La crise de l'explication en sociologie*, dans Cahiers internationaux de Sociologie, XXI, 1956 ; 4<sup>o</sup> *Structures sociales et systèmes de connaissances*, dans XX<sup>e</sup> Semaine de Synthèse organisée par le Centre International de Synthèse du 18 au 27 avril 1956, Albin Michel, Paris, 1957.

Claude LÉVI-STRAUSS : 1<sup>o</sup> *Les structures élémentaires de la parenté*, Presses Universitaires de France, 1949 ; 2<sup>o</sup> *Social structure*, dans *Anthropology today*, Kroeber, 1953.

Gilles GRANGER : *Événement et structure dans les sciences de l'homme*, dans Recherches et dialogues philosophiques et économiques, Cahiers de l'Institut de Science Economique Appliquée, n<sup>o</sup> 96, décembre 1959, série M.

Paul DE GAUDEMAR, *ibid.*

Ensemble de facteurs dynamiques dont les changements restent contenus dans les limites de certaines marges, le système tend à une équilibration à l'intérieur de celles-ci. C'est là un équilibre structurel. Ces marges, on devra tenter de les apprécier en termes de « plus grand que » et « plus petit que », appliqués à la comparaison des facteurs ou à des seuils, car a priori, elles ne paraissent pas pouvoir être mesurables.

Au surplus, le système est défini comme étant d'un certain type. Changeant trop — au-delà des marges — il sort de la définition de son type et cesse d'être ce système : il y a destruction ou mutation. Aussi longtemps que le système se maintient, c'est par des jeux de compensation. Telle variable est compensée dans ses changements par les changements de telle ou telle autre variable. Le concept de *type* est ici fondamental.

Résumons-nous : un système a ses exigences fonctionnelles. Récurrentes, les actions de ses divers facteurs sont, en effet, des fonctions. Et une fonction doit être définie comme le rôle de toute activité récurrente, sous l'angle de sa contribution au maintien ou à la continuité d'une structure <sup>(1)</sup>. En un mot un modèle est un système structurel et fonctionnel, comportant une autorégulation.

\* \* \*

J'écarte, sans plus, toute polémique entre ceux qui considèrent la structure comme une réalité organique (un organisme) que le modèle simplifie et explique, et ceux qui considèrent la structure comme un instrument purement conceptuel, généralement mathématique : la structure n'existerait alors que dans l'esprit et non dans la réalité.

En fait, dans certains cas, il y a abus de l'ontologisme de la structure (de réalisme) ; dans d'autres, de nominalisme du réel.

Cependant, soulignons au passage une exigence épistémologique que nous nous étonnons de voir parfois mise en cause : la structure comme modèle doit correspondre à une régularité homologue dans le réel, que cette régularité soit acquise par l'existence effective d'ensembles plus ou moins concrètement structurés ou par des ordonnances statistiques probabilistes. On ne saurait, en effet, imaginer que ces ordonnances puissent être de l'amorphe et du

---

<sup>(1)</sup> Je reprends ici la définition de Robert King Merton (*Social theory and social structures*, Glencoe, 1949).

chaos. L'aléatoire est aussi un conditionnement, qu'il soit celui des grands nombres de Monte-Carlo ou du grand jeu des gènes et des chromosomes (1).

## II

Passons maintenant à notre objet précis : l'élaboration d'un modèle macrosociologique capable de saisir les changements essentiels des structures sociales dans une société globale. De ces changements, le phénomène révolutionnaire est le plus remarquable.

Une seule théorie générale, vraiment intégrée, du phénomène révolutionnaire, existe : la théorie marxiste qui n'est pas acceptée — du moins sous tous ses aspects — par les sociologues, anthropologues, historiens et philosophes sociaux. Beaucoup de critiques sont incontestablement fondées. Et certaines estiment la théorie marxiste valable, mais trop schématique, même comme explication générale du global (2).

Il y a aussi des essais théoriques, tels celui de P. Sorokin : la loi de toute révolution est de passer par deux phases : une phase de libération ; une phase de contrainte. Après les droits de l'homme, la Terreur. Après Lénine et les Soviets, Staline et l'appareil du Parti.

Au vrai, l'étude scientifique du phénomène révolutionnaire a besoin d'une théorie générale qui évite l'écueil de la schématisation ou des généralisations. Dès lors, une question se pose : serait-il possible de construire un « modèle » théorique qualitatif qui puisse servir de cadre méthodologique à la recherche d'une théorie générale ? Au contraire d'une théorie générale prématurée, la nature globale du « modèle » serait d'inviter les chercheurs à des essais de particularisation qui pourraient être situés dynamiquement à l'intérieur même de la structure du modèle. Car l'essence du fait révolutionnaire implique qu'il s'agisse d'un « modèle » dynamique, dans la dimension du temps, et non d'un modèle statique. Le

(1) Cf. Gaston BACHELARD, *La philosophie du non*, Presses Universitaires de France, 1940, pp. 54 et 55 : « ... à un niveau donné, c'est la méthode qui définit les êtres ». Oui, mais si la définition est nécessaire à l'aperception du phénomène considéré, il faut considérer qu'elle correspond à « quelque chose » de réel.

(2) La théorie la plus générale et la plus synthétique de Marx nous paraît être celle développée dans la Préface à la *Critique de l'Économie Politique* (1859). Cette théorie ne constitue pas un modèle général : il y a mélange de structuration dynamique des phénomènes sociaux les plus généraux et de contenus historiques particuliers. Nous retrouverons ses rapports dialectiques fondamentaux comme des éléments de fonctionnement de notre propre modèle dans des cas déterminés, et non comme une version du modèle général lui-même.



« modèle » devrait être largement ouvert aux apports de l'histoire, de l'anthropologie sociale et culturelle, de la sociologie, de la psychologie sociale.

Mon intention est de proposer les principes de construction d'un tel « modèle » et d'en indiquer quelques premières implications.

\* \* \*

La « révolution » comporte le passage d'une structure sociale à une autre, sans que l'on ait à poser, ici, la question de savoir si la structure, en tant que telle, est soit cause, soit conséquence — ou non — du phénomène révolutionnaire. Il en résulte que le modèle ne peut prendre appui que sur la structure générale de la société, telle qu'elle ressort avec certitude des analyses objectives de la sociographie et des interprétations de la sociologie. Bien entendu, on ne vise que des sociétés suffisamment complexes pour que le phénomène révolutionnaire y ait son sens habituel. Sans pousser le raisonnement plus loin, on dira que le changement structurel joue le rôle d'indice.

En fait, cette structure générale est caractérisée par le croisement d'une stratification sociale verticale et d'une stratification sociale horizontale <sup>(1)</sup>. Les individus y sont soumis à des tensions issues des deux directions (processus d'assimilation et d'intégration, pression sociale, contrôle social, impact des valeurs) ; cette tension se produit dans le « social intériorisé » qui, pour partie, constitue la psychologie des hommes. L'usage des termes « horizontal » et « vertical » signifie — et il n'exprime rien de plus — que les individus appartiennent nécessairement et simultanément à deux ordres de classement dans la société et que ces classements se « croisent » en eux.

Représentons cela graphiquement (fig. 1).

L'individu  $x$  est, par exemple, caractérisé par la situation [2, b] (officier supérieur). Mais politiquement il sera dans la zone [a, 4] (électeur) ; cela est d'ailleurs très peu marquant pour son statut social : il est essentiellement « officier ». Religieusement il pourrait par exemple être en [c, 3] (exemple : membre d'une fabrique d'église), etc...

On aurait pu exprimer l'ensemble des individus d'une société globale, comme inscrits dans un cercle (fig. 2) : chacun y serait situé dans une « couronne concentrique » (l'équivalent de l'« ho-

<sup>(1)</sup> Le premier sociologue à avoir élaboré une telle structure « en quadrillé » est à notre connaissance Eugène Dupréel (*Sociologie générale*, 1948). Notons que, dès 1924, H. A. Miller parle de « groupes verticaux » et de « groupes horizontaux ».



horizontal ») et dans un « secteur » dont le sommet est au centre (l'équivalent du « vertical »).

Bien entendu, les rectangles de la structure en quadrillé et les secteurs de la structure circulaire peuvent être proportionnels à l'importance des effectifs qui les occupent. Ceux-ci sont, en effet, souvent connus.

	a	b	c	d	e	
1						---
2						---
3						---
4						---

FIG. 1. — Mode de représentation « en quadrillé ».

- 1 = Classe dirigeante.  
 2 = Cadres techniques et direction exécutive.  
 3 = Classes ou niveaux moyens.  
 4 = « Masse » (ouvriers, commis, électeurs, fidèles, ...).  
 a = Organisation politique.  
 b = Armée.  
 c = Églises.  
 d = Industrie.  
 e = Commerce, etc ...

*Les chiffres arabes représentent la stratification ou hiérarchie sociale classique et les lettres, les grandes organisations fonctionnelles de la société.*

J'ai préféré, dans mon exposé, la structure « en quadrillé » et les termes « horizontal » et « vertical » pour les raisons suivantes : a) l'expression *stratification sociale* a droit de cité et implique une représentation par couches (strates) ; b) les termes « horizontal » et

« vertical » sont déjà utilisés dans le sens où on les emploie ici ;  
 c) la représentation « croisée » des classements est plus aisée à  
 « imager » dans l'esprit.

\* \* \*

La stratification verticale se compose des grandes organisations fonctionnelles de la société : l'Industrie, l'Armée, les Églises, l'Organisation politique et administrative, la Science, etc... Dans chacune de ces organisations, il y a une hiérarchie sociale très formelle. Par

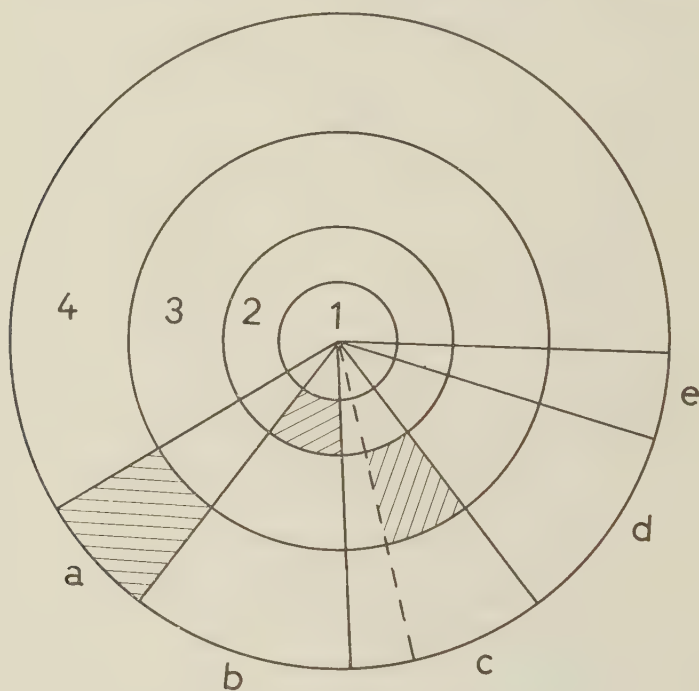


FIG. 2. — Mode de représentation circulaire.

exemple, dans l'industrie cette hiérarchie descend des grands magnats de holdings jusqu'aux manœuvres, en passant par les « directeurs », les ingénieurs et les diverses catégories de techniciens et d'ouvriers. Pour les Églises, elle descend des « princes de l'Église » jusqu'aux membres des paroisses, en passant par les prêtres et les cadres administratifs laïcs des églises. Et ainsi de suite. Bien entendu, le même individu appartient à plusieurs organisations simultanément.

ment ou successivement : tel ouvrier est aussi milicien dans l'armée, membre d'un parti et membre d'une Église. Le statut social d'un individu n'est cependant pas addition de ces statuts particuliers inégalement déterminants, mais bien synthèse sélective de ceux-ci <sup>(1)</sup>. Il est caractéristique que l'homme appartienne à plusieurs organisations verticales, mais à *une* couche horizontale <sup>(2)</sup>.

Les organisations fonctionnelles verticales se trouvent être, en général, fortement intégrées en fait et en droit. Par exemple, la législation sur les sociétés commerciales constitue une intégration juridique relative à l'industrie et au commerce. C'est la spécialisation des organisations fonctionnelles qui explique le degré d'intégration normalement très élevé de la stratification verticale.

Exprimée en termes « verticaux » dans l'esprit propre aux cadres institutionnels et statutaires des organisations fonctionnelles, l'échelle des valeurs de la hiérarchie sociale comporte un fond commun à toute la société, en dépit d'oppositions (valeurs religieuses et philosophiques). Cette échelle joue un rôle normatif. Les hommes sont pleinement conscients de leur appartenance à ces organisations. L'ensemble des organisations verticales participe de la même culture <sup>(3)</sup> : celle de la société globale en cause. Ceci en dépit de tensions qui peuvent exister entre les valeurs diffusées par ces organisations. L'État assure normalement leur compatibilité entre elles et avec la culture globale, ce qui n'exclut pas des luttes armées entre organisations verticales, comme c'est le fait dans les guerres dites de religion <sup>(4)</sup>. Mais dans tous les cas où la composition des deux partis comprend, en gros, la même proportion de participants aux diverses couches horizontales de la société, le triomphe d'un parti n'a de

<sup>(1)</sup> Voir l'exemple donné ci-dessus de l'officier supérieur.

<sup>(2)</sup> L'une au moins des positions occupées par un individu dans les couches verticales est déterminante au point de vue horizontal.

<sup>(3)</sup> Il convient que je m'explique ici au sujet de l'emploi de ce terme. C'est en effet un mot équivoque, mal défini, aux multiples acceptions. L'usage français inclinerait à appliquer le terme « culture » aux systèmes de valeurs ou de principes imprégnant la vie sociale des sociétés *sans villes*, et le terme « civilisation » aux systèmes de valeurs des sociétés *ayant un mode de vie urbain*. Nous emploierons cependant ici le seul mot culture, car le terme civilisation s'est chargé peu à peu d'un sens plus matériel et le terme culture d'un sens spirituel. L'automobile est plutôt un fait de civilisation, le socialisme un fait de culture ... Mais l'expression culture, pour nos sociétés modernes, contient naturellement aussi les valeurs correspondant aux faits de civilisation. Il importait d'apporter ces précisions sémantiques et de fixer cette convention.

<sup>(4)</sup> Dupréel a montré qu'une organisation verticale croissant en puissance pouvait tendre au « développement intégral » c'est-à-dire dominer les autres en s'appropriant les attributs et les fonctions de l'État.

conséquences culturelles que sur le plan religieux. Le reste des valeurs culturelles n'en est pas affecté. Ce n'est pas une révolution.

On notera que les organisations fonctionnelles verticales, bien que toujours normatives, agissent à cet égard avec une conscience, une institutionalisation, une intensité inégales. L'action culturelle normative d'une Église est fonctionnellement fondamentale et systématiquement organisée. L'action culturelle normative de l'industrie est plus implicite et comporte moins de caractères originaux par rapport à la culture globale. Ceci explique pourquoi l'organisation verticale religieuse et philosophique, ainsi que l'organisation politique, sont normalement divisées en groupes rivaux au sein de la plupart des sociétés globales. Il y a des organisations verticales plus « techniques » dans leurs fins (l'industrie), d'autres plus « culturelles » (les Églises). Si les valeurs de l'une des premières sont menacées, cette menace même engendre des efforts normatifs (action de l'industrie aux États-Unis contre les valeurs « communistes »). Et cela, avec des traits particuliers sans doute mais toujours dans le sens de la culture globale.

Les organisations fonctionnelles verticales — ceci est important pour la naissance et le développement du processus révolutionnaire — ont donc par essence, fonctionnellement, une action favorisant l'intégration de la société globale. Puissamment intégratives, elles participent, chacune pour leur part, à l'ordre global.

\* \* \*

La stratification horizontale comprend les couches classiques de la hiérarchie sociale, définies chacune par leurs similitudes de mentalité, d'intérêts, de mode de vie. Par la prise de conscience, tantôt plus, tantôt moins marquée, de leur existence, elles engendrent une solidarité explicite de leurs membres. Elles sont intégrées en fait et en droit. Par exemple, la législation sociale constitue une intégration juridique de ces formations sociales, d'une manière générale moins structurées et intégrées que les organisations fonctionnelles. Ces dernières ont normalement plus de solidarité organique et formelle ; les premières, plus de solidarité psychique et spontanée. Certains des noyaux des couches horizontales peuvent être cependant fortement structurés. Ainsi en est-il pour les classes sociales dont la conscience s'est éveillée et affirmée. L'intégration de ces couches sociales peut être nulle comme pour les groupes statistiques. Elle se renforce en passant de la strate aux groupes d'intérêts constitués



horizontalement et, enfin, aux classes sociales dans les sociétés industrialisées, et aux races dans la situation coloniale.

Le maximum d'intégration n'est atteint que par les classes sociales répondant objectivement à la définition marxiste. Exprimée en termes « horizontaux », l'échelle des valeurs de la hiérarchie de la société globale est conçue et vécue différemment selon la couche sociale qui l'exprime. Et l'échelle modifiée — voire bouleversée — qui en résulte, a un caractère plus ou moins critique et concurrent à l'égard de chaque échelle institutionnalisée dans le cadre global par les organisations verticales. Les couches de la hiérarchie sociale horizontale sont porteuses, au moins potentiellement, d'une *culture spécifique*, de valeurs propres à chacune d'elles. Je ne vais pas, comme Spengler, identifier classe sociale et culture. Ma position est beaucoup plus nuancée : il y a la culture de chaque société globale, que celle-ci corresponde à un État politique (la nation) ou non (exemple : le monde arabe). Il y a la culture propre aux classes sociales et potentiellement existante dans chaque couche horizontale. Il y a les cultures régionales correspondant à certains « milieux » constitués par des facteurs historiques ou géographiques particuliers.

\* \* \*

Le « modèle en quadrillé » exprimera la tension, graphiquement perpendiculaire entre deux cultures. Le phénomène révolutionnaire trouve sa source dans la pression exercée par l'une des cultures « horizontales » sur la culture « verticale » ou, si l'on préfère, « globale ». Aussi longtemps que cette pression ne crée pas une tension dépassant les marges tolérées par l'équilibre du système, il n'y a pas révolution. Ces marges dépassées, le phénomène révolutionnaire est déclenché. Afin d'empêcher ce dépassement, tous les dispositifs compensateurs du système — de caractère, en effet, homéostatique — auront été mis en œuvre.

Alors intervient un facteur essentiel. Dans la stratification horizontale il y a une couche « supérieure » : l'ensemble des cadres dirigeants des diverses organisations fonctionnelles. Cette couche se caractérise par le fait que ses valeurs et sa culture *sont* celles de la société globale (sans que l'on se pose, ici, le problème de l'antériorité) ; par le fait aussi qu'elle contrôle l'État *de jure* ou *de facto*.

Or, dans la société globale, l'État dispose du monopole de la force publique, vérité banale de la sociologie de l'État <sup>(1)</sup>, bien que Duguit

(1) Léon DUGUIT, *Manuel de droit constitutionnel*, E. de Boccard, Paris, 1923, 4<sup>e</sup> éd., pp. 23 et 24. — Henri DEPAGE, *Droit naturel et positivisme juridique*, Bruylants,

et l'École de Bruxelles ne voient pas, normalement, dans l'État l'instrument d'oppression d'une classe par une autre. Bien entendu dans la mesure où une démocratie de droit tend à devenir réelle en fait, comme c'est le cas pour quelques nations occidentales, les institutions politiques deviennent des organes compensateurs des tensions « horizontales ». La démocratie apparaît comme un système de transformation non violente de la société globale et de sa culture, le contrôle de l'État par la couche dirigeante n'étant plus total et celle-ci cessant d'être homogène (mobilité sociale). Mais, dans la mesure où une démocratie reste formelle et non pas réelle, elle laisse subsister des conditions qui permettent au phénomène révolutionnaire de se manifester.

En général, il y a révolution quand la pression d'une formation horizontale crée une tension telle que le monopole de la force soit rompu. Dès lors, celle-ci n'est plus seulement utilisée par les institutions de force (armée, gendarmerie, police, tribunaux) mais aussi par des organisations spécifiques issues de la formation sociale en rébellion (résistance passive, noyaux terroristes, unités de sabotage, foules armées, groupes militairement constitués). Si la force révolutionnaire atteint un degré d'organisation et d'intégration tel qu'elle soit capable de vaincre la force publique et de reconstituer ainsi le monopole de la force, elle *est*, par là même, un nouveau régime, pourvu des attributs essentiels de l'État, et porteur d'un nouvel ordre des valeurs, d'une *culture* nouvelle. C'est ce que le « modèle » aura à exprimer dynamiquement.

\* \* \*

Quelques postulats doivent être examinés au préalable.

« Une société marque une tendance au processus révolutionnaire dans la mesure où sa stratification sociale se trouve plus fortement intégrée à l'horizontale qu'à la verticale. » Cette situation, on l'a vu, s'oppose à la normale.

Mais le processus révolutionnaire sera très différent selon la nature des couches sociales « motrices », lesquelles sont nécessairement cristallisées alors en « classes ».

Si la situation est dichotomique, au sens marxiste (exemple :

---

Bruxelles, p. 37 : « L'origine de l'État lui-même ne s'analyse ... qu'en un phénomène de force ». — Eugène DUPRÉEL, *Sociologie générale*, Presses Universitaires de France, 1948 : « Le groupe à base de force » (pp. 166 et suivantes). — Stéphane BERNARD, *Les conséquences sociales du progrès technique*, Institut de Sociologie Solvay, Bruxelles, 1956.

classes ouvrière et bourgeoise, en Europe occidentale, au XIX<sup>e</sup> siècle), on a le cas historique de la « lutte des classes ». Mais ce cas n'est universel ni sous la forme latente, ni sous la forme active.

Si l'intégration maximale se produit *horizontalement* au niveau des classes moyennes, c'est un cas de fascisme (que la classe « supérieure » accepte ou non, soutienne ou non, le mouvement...). De toute manière, en effet, la culture apportée par le mouvement sera « fasciste » et non « conservatrice » (même si elle garantit des « revenus » et un prestige social à la classe supérieure). Elle sera, en effet, le produit des classes moyennes, non des classes dirigeantes : elle fondera des réformes progressistes sur des valeurs de type communautaire, anti-individualiste... Sinon la culture n'aurait pas changé. Or, la sociographie du fascisme met hors de doute qu'il procède d'une culture, d'un style particuliers.

En outre, la révolution fasciste se trouve être *conditionnée* par une désintégration généralisée de la société. La révolution tend donc, dans ce cas, non pas seulement à porter une autre couche sociale au pouvoir, mais à reconstituer la cohésion globale de la société. D'où, l'accent mis sur le nationalisme par les mouvements fascistes et leur recherche d'un « bouc émissaire » résumant tous les péchés de désintégration sociale : ou les Juifs, ou l'étranger, ou les marxistes.

L'intégration maximale se situant *horizontalement* au niveau de la paysannerie, une « jacquerie » éclate : la classe paysanne a prouvé, au cours de l'histoire, son incapacité à s'organiser pour réaliser à son profit, d'une manière durable, le monopole de la force. Ce qui s'explique fonctionnellement, l'intégration sociale étant favorisée par le fait urbain, condition des hautes et durables intégrations politiques ou idéologiques. Mais les « jacqueries » sont porteuses, cependant, d'une culture spécifique de caractère mystique qui s'exprime par l'élaboration d'idéologies fondées sur le retour aux sources primitives de la religion ; ainsi agit l'esprit traditionaliste du paysan. Bien sûr, la perspective peut changer si la classe paysanne s'allie à une autre classe, mais c'est cette autre qui créera, dans ce cas, la culture nouvelle ; c'est cette autre classe qui fournira les cadres du mouvement révolutionnaire. Ainsi, après octobre 1917, la classe ouvrière russe rejeta la paysannerie du pouvoir. Aujourd'hui le prolétariat urbain encadré par le Parti anime la révolution populaire chinoise. Au vrai, la révolution paysanne n'est un problème sociologique que pour les sociétés non industrialisées ou à peine au début d'une industrialisation généralement « induite ». Dans les sociétés industrialisées, l'agriculture est devenue une organisation fonctionnelle verticale sans toutefois que la paysannerie ait perdu tous ses traits de groupe social historiquement horizontal.

Lorsque l'intégration en cause se produit au niveau d'une race dominée dans une société multiraciale, si la race dominée est majoritaire, c'est le passage d'une situation coloniale à la création d'un État fondé sur une culture nationaliste dont les traits techniques (y compris politiques) sont imités du groupe dominant et les traits mystico-affectifs empruntés à la tradition archaïque (ce type de culture est, de nature, ambivalent) ; si la race dominée est minoritaire (situation des États-Unis), c'est le passage de la situation coloniale à une intégration de l'*out-group* dans l'*in-group*.

Il arrive aussi que toutes les autres couches sociales se coalisent pour renverser la classe dirigeante. Alors l'une d'elles constitue l'aile marchante, le « groupe porteur » ; maîtresse du pouvoir, elle repousse le « peuple » dans le statut de classe dominée. C'est ce que fit la bourgeoisie lors de la Révolution française.

\* \* \*

« Le processus révolutionnaire implique que le quantum d'action du total des rapports sociaux négatifs soit supérieur au quantum d'action du total des rapports sociaux positifs, dans la société globale. »

Ici, nous devons noter avec M. Braudel, que les termes « positifs » et « négatifs » peuvent créer un malentendu. En effet, on pourrait croire que le plus petit rapport positif est nécessairement supérieur au plus intense rapport négatif. Or il ne s'agit pas ici de signes mathématiques.

Les rapports positifs sont ceux qui unissent consciemment ou inconsciemment des individus ou des groupes en vue de concourir directement ou indirectement au maintien et à la continuité des structures et des valeurs de la société globale, ne fût-ce que par des fonctions correctement accomplies ou par des attitudes conformistes. Les rapports négatifs sont ceux qui opposent des individus ou (et) des groupes du fait que les uns s'efforcent de substituer, aux structures et aux valeurs de la société globale que défendent les autres, des valeurs et des structures différentes (rapports négatifs conscients). Mais sont négatifs aussi les rapports qui objectivement sont dysfonctionnels même d'une manière inconsciente : rivalités excessives de groupes et (ou) de personnes, prévalence d'intérêts particuliers, égoïsme généralisé, indifférence civique, etc...

Ainsi compris, les adjectifs « positif » et « négatif » conviennent mieux que tous autres auxquels j'avais songé (solidariste et antagoniste, conformiste et anticonformiste, etc...) dont on saisit immédia-



tement les carences. Je reprends en somme, en l'adaptant, l'acception de Dupréel.

Les rapports sociaux pris ici en considération sont donc ceux qui lient les individus, individus et groupes, les groupes de tout ordre. Dans ces rapports, les individus ne restent pas toujours intégrés à leur classe sociale. Certains membres de la classe supérieure prennent fait et cause pour la classe dominée : c'est spécialement le cas d'intellectuels. De même, l'ascension sociale agrège certains individus de la classe dominée à la classe supérieure.

La relation quantitative des rapports sociaux positifs et des rapports sociaux négatifs exprime, en fin de compte, l'intensité d'intégration de la société globale. Le phénomène révolutionnaire est l'expression aiguë de la désintégration. Mais, dans ce processus, il n'est pas indifférent que la tension résultant des rapports négatifs, soit localisée en telle ou telle région sociale de la société globale.

Si ces tensions se trouvent également répandues dans toutes les régions sociales, on a affaire à un processus caractérisé de décadence générale à désintégration progressive : les institutions gérant le monopole de la force sont évidemment saisies dans le mouvement et s'effritent plus ou moins rapidement. En d'autres termes, un « vide » se crée par la carence de la fonction d'intégration sociale, et il appelle en particulier une restauration des institutions de force. Ce « vide » s'offre soit à l'intervention du groupe social « vertical » — par exemple l'armée — ou « horizontal », qui reste relativement le plus intégré, soit à l'intervention d'une société globale extérieure qui procède à l'invasion militaire de la société décadente et y restaure le monopole de la force à son profit.

C'est dans cette perspective que l'on comprend clairement le phénomène fasciste déjà évoqué : dans ce cas, la classe moyenne reste la moins désintégrée ; elle assume donc l'effort de reconstituer l'intégration sociale en utilisant, comme nous l'avons dit, les mythes nationalistes et la mystification du « bouc émissaire ». Elle obtient l'appui — par un pacte, partie explicite, partie tacite — de la classe dirigeante.

Si la tension négative se fixe entre organisations « verticales », l'une d'elles ou la coalition de certaines d'entre elles, constituant le bloc le plus intégré de la société, rétablira le monopole de la force. Dans ce cas, il s'agit d'un coup d'État conduisant à une forme de dictature ; il ne saurait cependant être question d'une révolution, celle-ci impliquant un changement de culture, qui peut seulement avoir sa source — nous l'avons montré — dans une organisation « horizontale » ayant pris la consistance d'une classe sociale. Il s'agit simple-

ment, ici, d'un cas de « développement intégral » d'une organisation verticale ; ceci ne modifie pas la culture globale à laquelle participait de nature le groupe qui s'empare du pouvoir, mais y modifie l'équilibre des valeurs. Par exemple, si l'armée s'empare du pouvoir, les « valeurs militaires » auront une place plus large dans l'éventail des valeurs sociales.

La lutte entre organisations verticales oppose des formations ayant sensiblement la même composition sociale. Ainsi, dans l'histoire d'Angleterre, la « Grande Rébellion » de 1642-46, opposant les « Cavaliers » (anglicans) aux « Têtes rondes » (puritains), voit dans les deux camps des gens de toutes conditions sociales. Il y a cependant plus de bourgeois et de citadins parmi les « Têtes rondes », plus de nobles et de ruraux parmi les « Cavaliers ». Cette guerre comporte donc certaines intrusions de l'« horizontal » dans le « vertical » ; tant il est vrai que les phénomènes sociologiques ne sont jamais totalement purs.

Si la tension se fixe entre couches « horizontales », l'un des pôles de tension sera inéluctablement la « classe dirigeante », fonctionnellement détentrice ou gérante du monopole de force et identifiée à la société globale dans l'ordre des valeurs. L'autre pôle sera constitué par une autre couche s'intégrant en classe sociale et créant par son opposition même une organisation plus ou moins formelle qui rompe le monopole de la force. C'est ici le schéma typique de la lutte des classes portée au paroxysme révolutionnaire : lutte non seulement de deux forces, mais de deux cultures. Le jour où la tension devient extrême, les autres couches de la stratification horizontale prennent plus ou moins activement parti, soit pour la classe dirigeante, soit pour la classe révoltée. Certes le clivage n'est pas au même niveau dans toutes les organisations verticales : les unes iront presque intégralement à l'un ou l'autre parti, les autres se scinderont au niveau moyen de rupture. Rappelons le rôle des « renégats » (généralement des intellectuels) de la classe dirigeante. Faut-il rappeler, ici, les théorèmes de l'antagonisme d'Eugène Dupréel ?

D'une somme d'antagonismes qui ont un terme commun, résulte la probabilité d'un conflit entre ce terme et le groupe des autres : ce qui peut s'écrire en formule algébrique :

$$A - D, B - D, C - D = (A + B + C) - D \quad (1)$$

(1) Le signe — exprime un rapport négatif, le signe + un rapport positif, mais on a vu que cette symbolique n'a pas le sens qu'elle possède en mathématiques.

Plusieurs antagonismes de nature disparate tendent à se combiner en un antagonisme unique par alliances ou coalitions.

$$A - D, B - C, E - F = (A + B + E) - (D + C + F)$$

La « classe dirigeante » peut finir par se trouver seule contre les autres, plus ou moins activement dressées contre elle. En tout cas, elle est abandonnée. C'est alors que joue le processus bien connu de l'isolement du pouvoir dont les fonctions s'accomplissent de moins en moins, la désobéissance devenant générale.

\* \* \*

*A contrario*, prenons à présent la situation où le quantum d'action du total des rapports sociaux positifs est supérieur au quantum d'action du total des rapports sociaux négatifs.

Si la tension résultant des rapports négatifs est à peu près également répandue dans toutes les régions sociales, c'est la situation d'une société normalement intégrée dans toutes ses parties. Évidemment, le degré d'intégration et la cohésion de cette société dépendent du degré de supériorité du quantum d'action des rapports positifs face aux rapports négatifs.

Si la tension résultant du jeu des rapports négatifs se fixe entre couches verticales, c'est la situation caractéristique d'une société bien intégrée sans doute, où la lutte pour le pouvoir se déroule, plus ou moins vivement, selon le degré de supériorité du quantum d'action des rapports positifs, entre organisations fonctionnelles verticales : Églises, Armée, Haute Finance, Administration, Organisations syndicales <sup>(1)</sup>.

En somme, les « pressure groups » l'emportent dans l'action politique effective sur les groupements politiques formels qui tendent à devenir moins spécifiques et à jouer un rôle purement fonctionnel dans le mécanisme de la démocratie. Bien sûr, en vertu même de l'hypothèse générale de la supériorité globale des rapports positifs, la lutte des organisations fonctionnelles ne pourrait conduire à la rupture du monopole de la force. Le consensus de la population à

(1) Par l'hypothèse même de la tension concentrée entre couches verticales, ces organisations syndicales ne sont pas fondées sur la lutte des classes mais constituées plutôt en groupes d'intérêt, même si une tradition entretient certaines logomachies et rites traditionnels de la « lutte des classes ». Cette « verticalisation » du syndicat correspond au processus que nous avons déjà noté à propos de la classe paysanne. Nous analyserons plus avant le cas syndical à la fin de la présente étude.

l'égard du régime est acquis, plus ou moins intensément : il y a unité culturelle et unité d'échelle des valeurs de la hiérarchie sociale. Cette situation est celle des États-Unis d'Amérique.

Si enfin, la tension résultant du jeu des rapports positifs et négatifs se fixe entre couches horizontales, la situation se traduit par l'opposition pacifique (en dépit, dans certains cas, de luttes politiques et d'attitudes psychologiques intenses) de classes ou de couches sociales culturellement peu marquées, mais qui impriment à la politique une dynamique d'esprit « horizontal ». En effet, les formations politiques tendent en l'occurrence à correspondre aux couches de la stratification horizontale : parti conservateur fondé sur les moyens de persuasion et de pression des « milieux d'affaires », partis agrariens, partis de « classes moyennes », partis des salariés et appointés apparentés à des organisations syndicales. La pression des couches les moins favorisées, dans la mesure où elles l'emportent, produit alors le « réformisme » et non la révolution. La législation sociale s'intensifie. Cette situation est celle de quelques sociétés bien intégrées de l'Europe occidentale (pays scandinaves).

Une société globale où *tous* les rapports seraient positifs constituerait la « cité idéale », la société parfaite, l'utopie. Une société globale où *tous* les rapports seraient négatifs constituerait le désordre social absolu, l'asocial, l'absence de société. Ces cas limites sont impossibles à cause de l'ambivalence constitutionnelle de la nature humaine. L'homme est un animal social, mais son être biologiquement individuel implique l'égoïsme. De petits groupes religieux ou sociaux peuvent réaliser l'utopie, dans certaines conditions ; des sociétés globales en sont incapables. Quelques individus peuvent se désocialiser d'une manière absolue, non de nombreux individus.

\* \* \*

Dans les perspectives de notre « modèle », le syndicalisme apparaît comme une forme de la culture ouvrière, adoptée également — dans le cas du réformisme et *a fortiori* dans le cas de l'assimilation à une organisation verticale fonctionnelle — par les employés ; en effet, dans ces cas, l'ouvriérisme syndical s'atténue.

Si les rapports négatifs l'emportent sur les rapports positifs, et sont localisés horizontalement dans la société globale, l'organisation syndicale apparaît comme l'un des modes d'intégration spécifique de la classe ouvrière ; elle est un facteur révolutionnaire. Elle représente une culture proprement ouvrière.



Si les rapports positifs l'emportent et si les rapports négatifs sont localisés horizontalement dans la société globale, le syndicalisme, cependant marqué par ses origines, pratique une action réformatrice. Mais si ces rapports négatifs se situent principalement entre les organisations fonctionnelles verticales, le syndicalisme tend à s'assimiler pleinement à une organisation de ce type. Son intégration à la culture de la société globale devient alors complète.

Ces remarques mettent en lumière l'ambivalence du syndicalisme socialiste, facteur révolutionnaire par son essence « horizontale », facteur conservateur dans la mesure où, fonctionnellement, il tend à s'assimiler aux grandes organisations constituant la stratification sociale verticale. C'est dans la démocratie fondée sur le suffrage universel, que s'observe le mieux ce processus. La tension du syndicalisme en opposition originelle avec la classe dirigeante tend à s'y « verticaliser » ; mouvement de bascule, qui fait entrer le phénomène syndical dans la catégorie, examinée précédemment, de la société bien intégrée et caractérisée par la compétition pacifique des organisations fonctionnelles « verticales », agissant comme *pressure groups*. Les chefs syndicaux tendent à devenir membres de la classe dirigeante, évolution déjà favorisée, dès le réformisme, par la prolifération d'institutions paritaires et par la participation syndicale à des organismes économiques et sociaux d'intérêt général, c'est-à-dire conformes aux valeurs de la société globale. De facteur culturel « horizontal », le syndicalisme tend à devenir un élément de la culture normative de la société globale, comme aux États-Unis. En Europe occidentale, le processus est moins avancé. La culture ouvriériste résiste à l'assimilation verticale tout en perdant son caractère révolutionnaire dans l'action : c'est le cas du réformisme conduisant à une législation sociale sans cesse accrue. Le syndicalisme prend, en même temps, des caractères d'organisation verticale et ses chefs des traits de participation à la classe dirigeante, sans que le phénomène soit aussi net qu'aux États-Unis.

L'agriculture dans les sociétés industrielles se caractérise par le fait qu'elle constitue, plus ou moins selon les cas, une couche sociale intégrée horizontalement, bien que composite : elle conserve ainsi les traits d'une culture. Elle est cependant aussi une organisation fonctionnelle de la société comme l'industrie, par exemple, mais, à ce titre, elle ne participe que faiblement à la classe dirigeante (dans la mesure où elle parvient à constituer un « groupe de pression » organisé). Dans les sociétés féodales, au contraire, l'agriculture englobe verticalement la plus grande masse de la société et la classe dirigeante est composée principalement des détenteurs du « con-

trôle » des terres cultivées (la « noblesse ») ; les « fermiers » constituent alors nettement une couche horizontale ayant ses traits culturels propres.

A ces considérations, il faut ajouter au surplus quelques corollaires.

Le processus de « prise de conscience » des situations propres aux couches de la stratification horizontale, est rigoureusement corrélatif à leur degré d'intégration, et celui-ci à l'intensité des rapports négatifs entre les couches considérées.

L'intégration est naturellement favorisée par la « prise de conscience » : l'effet est réciproque. Les transfuges de la classe supérieure jouent un rôle important dans la « prise de conscience » de la classe dominée.

Le processus de « prise de conscience » s'accroît dans les périodes de régression économique qui multiplie et intensifie les rapports négatifs surtout entre couches horizontales. Au contraire, cette régression économique détermine et intensifie des rapports positifs (défense des valeurs globales) dans la classe dirigeante : c'est ce que l'on appelle la « réaction ». Le processus de prise de conscience a une tendance à s'assoupir dans les périodes de progrès économique qui atténue les rapports négatifs entre couches horizontales, mais a une tendance à les accentuer à l'intérieur de chaque couche (compétitions personnelles). Les partis socialistes à forte doctrine en savent quelque chose. Quant aux organisations de la stratification fonctionnelle verticale, elles sont par nature et normalement — nous l'avons vu — institutionnalisées et conscientes.

La prise de conscience et la force d'intégration d'une couche horizontale tendant à la révolution, sont fonction du décalage qui existe entre les institutions et leur capacité de répondre à des besoins changeants de la société ; elles sont corrélatives aussi au degré d'abandon, plus ou moins marqué, de son rôle fonctionnel par la classe dirigeante. L'incapacité des institutions, au sens le plus large (y compris les relations humaines), et la « démission » de la classe dirigeante résultent généralement de progrès non assimilés et non assimilables structurellement, de certaines techniques (cf. les « cultural lags » d'Ogburn).

Les six cas de réaction entre les rapports positifs et les rapports négatifs — définis par leur localisation — créent, corrélativement et à des degrés logiquement évaluables dans le modèle en quadrillé, une tension plus ou moins grave à l'intérieur des psychologies individuelles.

Une présentation graphique du « modèle » pourrait certainement être mise au point. La présente contribution n'est encore qu'une indication. Une représentation mathématique du jeu d'intégration des couches sociales verticales et horizontales, ainsi que des tensions entre rapports positifs et rapports négatifs avec l'identification des localisations convenables, ne semble pas impossible à imaginer en mathématiques qualitatives.

Aussi bien, prise concrètement comme telle, cette première schématisation de la structure sociale ne se propose comme but immédiat que de visualiser en quelque sorte les raisonnements élaborés en vue de montrer qu'il s'agit d'un système en équilibration dynamique dans les limites de certaines marges. Le phénomène le plus significatif en est le processus révolutionnaire qui se présente comme un mouvement dialectique : phénomène de mutation structurale, il est privilégié et rendu très significatif par l'application du modèle.

# A general theoretical model of creeping displacement

by R. TOMOVIC,

*Research Associate, Institute Boris Kidrich,  
Belgrade, Yugoslavia*

---

## INTRODUCTION

Looking back at the short history of cybernetic research, a constant effort to relate the general principles of advanced machine design to phenomena in living matter can be remarked. A rich field for new ideas has been found in automata studies and in information processing systems. That is, a basic preoccupation of cybernetics is to establish common mathematics-theoretical models for corresponding phenomena in engineering and living matter. Evidently, the notion of "machine" in this context has a much wider meaning than is generally understood in classical sense [1].

In an earlier analysis of the limitations of automatic control systems, the problem of reflexive actions of human organs was brought up [2]. A further generalization of these problems led to study of creeping displacement, examples of which one finds in so many instances in nature. It is somewhat surprising that such a mode of displacement has not yet been given adequate engineering treatment.

Before proceeding further, one must define in physical terms the system to perform the creeping displacement. The definition and all considerations will be formulated in such a way that they become equally applicable to biological or engineering systems.

## HISTORICAL REVIEW

The mode of displacement studied in the paper is but one of the forms of movement in nature. Kinesiology is that part of physiology



of motion which studies the mechanical problems involved in locomotion. Thus the present problem is very close to the subject of kinesiology although the approach is different.

The study of locomotion has attracted the scientific interest, since the earliest times. One of the first treatise on kinesiology is due to Aristotle [3]. At that time the purely descriptive method was used. Actually, many theoretical explanations were based on the philosophical views held by Aristotle in general.

As natural sciences made important progress, the approach to kinesiology changed. Great discoveries in physics and mechanics gave stimulus to a basically mechanistic approach to kinesiology. This phase of evolution is clearly seen in the work of Marey [4]. In this book, experiments and precise measurement are introduced. In our days it has become clear that principles of kinesiology cannot be reduced to mere laws of mechanics. Rather, a combined interplay of physical and biological factors has to be accepted [5].

The advances on automatic control theory may serve as a new factor on kinesiological studies. An approach to locomotion analysis from this point of view may bring new and useful results.

#### CREEPING DISPLACEMENT

Strictly speaking, all modes of locomotion can be resolved as a combination of linear and rotational displacements. On the other hand, one cannot overlook the clearly distinctive features of various modes of locomotion such as walking, running, jumping, flying, swimming, etc. Thus, a macroscopic view of locomotion is here needed rather than a microscopic analysis of its details. This paper is not extended to deal with all possible variants of creeping displacement. For the beginning, it was necessary to limit the study to a kind of creeping displacement being considered as representative of its mode.

The inertial system to be displaced in a creeping way shall consist of a chain of identical units (1, 2, ...  $n$ ) called rings (Fig. 1). The assumption is that all rings  $n$  have the same mass  $m$ . Any differences in shape or substance of which the rings are composed, are considered irrelevant.

It is further assumed that adjoining rings are connected to each other by elastic links. This implies that the ring can be displaced by a finite distance in any direction without disrupting the chain as a whole.

Let us now take an isolated ring and examine the forces acting on it. First of all one must remember the general conditions under which all movements on earth are executed. The force of gravity and friction forces are involved in all types of creeping movements. As a matter of fact, it will be shown that existence of friction is an absolute condition for creeping displacement. Actually, if normal friction force is not sufficient, one finds it in many instances artificially increased. As for instance, the contact of some insects and ground.

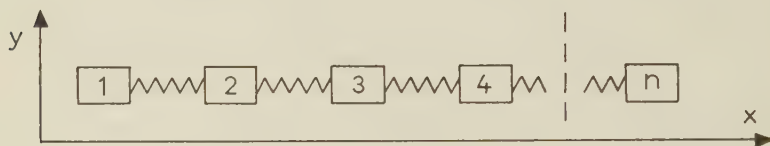


FIG. 1. — Symbolic representation of the mechanical part of the creeping system.

Each ring of the chain in Fig. 1 is supposed to be exposed in its resting position to a constant force proportional to mass  $m$ . This is shown in Fig. 2. In order to effect a displacement without slipping to ground, a force  $-P_1$  must be applied to mass  $m$ . Forward movement is due to the  $R_1$  component. It is clear that applying  $S_1$  is equivalent to simultaneous application of  $-P_1$  and  $R_1$ .

The existence of the transverse force  $-P_1$  implies a loss of energy which would otherwise be available for direct  $\Delta x$  displacement. On the other hand, the additional work done in the transverse direction makes the movement independent to a very great extent on external conditions, i. e. the coefficient of friction, shape of the surface, obstacles, etc. If the displacement of the ring has come to an end, forces  $-P_1$  and  $R_1$  take on the value 0.

Actually, forces  $-P_1$  and  $R_1$  represent impulses of fixed duration  $\Delta t$ . These forces are the binary variables of the system and can be expressed as

$$-P_n = R_n = (x_1) \quad x_1 = 1 \text{ or } 0$$

In real systems it is apparent that the forces  $-P_1$  and  $R_1$  are continuously variable parameters. That is

$$S_{\min} \leq S_1 \leq S_{\max}$$

where  $S_{\min}$  is the minimum force necessary to overcome friction

and set  $m$  into motion.  $S_{\max}$  corresponds to the maximum speed with which one can move. One can let

$$S_1 = S_{\max}$$

so that

$$-P_1 = P_{\max} \quad R_1 = R_{\max}$$

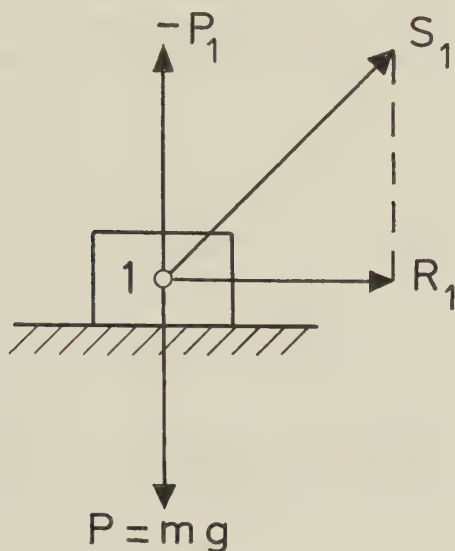


FIG. 2. — Forces acting on the ring.

Let us now return to the chain of Fig. 1. More details are still needed in order to explain its creeping displacement. The chain has two states : the normal and expanded one (Fig. 3). The chain will be in the expanded state, if the distance  $\Delta x$  between any of the two corresponding rings is not zero ; if  $\Delta x = 0$ , the state is said to be normal. When the chain as a whole is to be displaced by  $\Delta x$ , then all rings in succession have to undergo the same displacement process.

One interesting characteristic of creeping displacement is easily seen from Fig. 3. If the chain as a whole should be displaced, the component of force giving acceleration  $u$  would equal  $R = n.m.u.$  By dividing the movement into  $n$  phases this force is reduced  $n$  times. Thus by sacrificing speed, a much more favorable relation of force is obtained to displaced total mass in the complete creeping system.

One of the outstanding features of the mechanical system described above is the binary character of the variables. The impulses, i. e. forces —  $P_n$  and  $R_n$ , under assumption of maximum values, may be represented in binary form.

This binary character of  $-P_n$  and  $R_n$ , i.e.  $S_n$ , becomes interesting if one considers control signals necessary to set the system into motion. Due to the discrete character of force  $S_n$ , the control signals at each ring are also binary in nature. Thus, the presence or absence of a control pulse at a ring is sufficient to control its

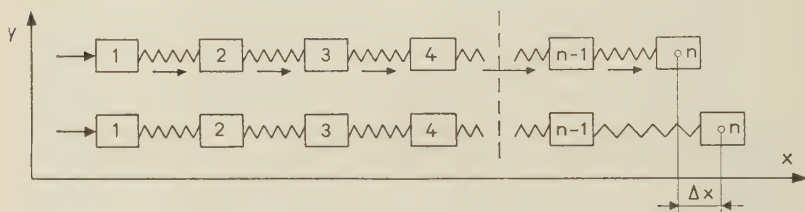


FIG. 3. — The normal and expanded states of the chain.

displacement. Of course, there is still the possibility of adjusting the general magnitude of  $S_n$ . Thus, the creeping system does not need continuous control or stepwise variable signals. Since binary variables are the simplest types of inputs, creeping systems belong to a class of movements very easy to control. In Fig. 4, the

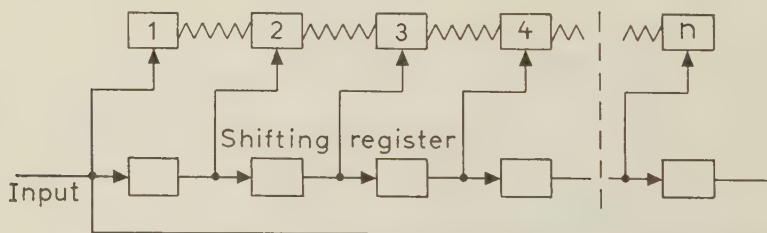


FIG. 4. — Creeping system with delay lines.

complete theoretical model of a creeping system is presented. The system is supposed to be controlled by electrical pulses. The controlled portion is that of Fig. 1. Besides, there is a shifting register connected in closed loop fashion. The delayed input pulse appears as a binary variable at corresponding rings of the chain so that they are displaced by  $\Delta x$  and  $\Delta y$ . As seen, one needs only one input impulse



to set the creeping system into perpetual motion. One is tempted to quote here from a passage by James Gray [6]: "Even more remarkable, an animal such as snake or lizard, which has neither seen another animal swim nor ever set eyes on a pond will, when put into the water, swim with full efficiency and grace".

Another interesting aspect of creeping is that no linear variable is included in the system, including control signals, forces and displacements. The system is essentially binary in character. That adds to the great reliability of the systems. However its response is relatively slow when compared to corresponding mass movements of a non-creeping nature.

#### CONDITIONS FOR SATISFACTORY OPERATION

Having established the model of creeping displacement on Fig. 4, the question has to be answered under which conditions the system will operate properly. Since the general engineering and mathematical aspects of locomotion will be treated in another paper, the analysis here will be restricted to basic remarks.

The very definition of the creeping displacement implies that the minimum number of rings in the chain must be  $n = 2$ . With  $n = 1$ , the system becomes a homogeneous structure, and has a different nature. The upper limit of  $n$ , while being finite, is irrelevant to the behaviour of the system.

Let us now formulate the equation of motion of the system in Fig. 4. The equations of motion of the ring 1 are,

$$P_1[u(t - t_0) - u(t - t_0 - \Delta t)] + mg > 0 \quad (1)$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + Kx - R_1 = 0; \quad 0 < t < T \quad (2)$$

$$K\Delta x < F \quad (3)$$

where  $u(t - t_0)$  is the unit step;  $\Delta t$ , the width of the shifting pulse;  $K$ , the spring constant;  $\Delta x$ , the maximum displacement in a cycle;  $F$ , the friction force.

Given  $\Delta t$ , the displacement  $\Delta x$  can be obtained by substituting in to solution of (2) the value  $t_1 = t_0 + \Delta t$ . Equation (1) is an idealization. Actually, the body is assumed to move in a equipotential plane  $\Delta y$  over ground. In such a way work in transverse direction has always to be done. As a consequence, the frictional force must not be introduced in (2).

To get a better insight into the solution of the above equations, all variables are represented in Fig. 5.

When inequality (3) holds, only a unique and non-oscillatory solution of equation (2) exists, as shown in Fig. 5. Actually, in creeping displacements no local oscillatory movement is observed. Without (3), they would exist, but then the creeping displacement would be performed in a very inefficient way. The case of such a non-linear oscillator has been already analytically treated [7].

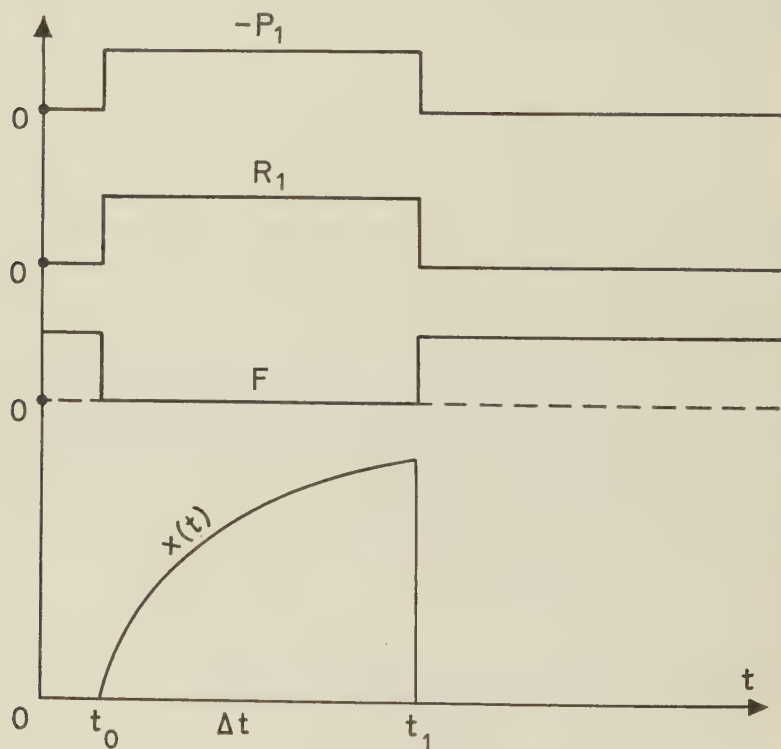


FIG. 5. — Dynamic diagram of the displacement of the ring.

Equations of motion of other rings are similar, except for (2), where the force of extended springs, linking masses 1 and 2, has to be added. For instance, ring 2 has the modified form of equation (2)

$$m \frac{dx^2}{dt^2} + Kx - K(\Delta x - x) - R_2 = 0$$

Otherwise, all portions of Fig. 5 are applicable.

In the general case, one can write the equations of motion of the chain for  $\Delta x$  under the assumption that the  $x$ ,  $y$  measurements are taken in relation to a coordinate system moving with each ring as follows

$$-P_r[u(t - (r-1)T_0) - u(t - (r-1)T_0 - \Delta t)] + mg > 0 \quad (4)$$

$$r = 1, 2, \dots, n$$

$T_0$  = period of shifting pulses

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + AKx - BK(\Delta x - x) - R_r = 0 \quad (5)$$

$$A = 1 \quad r \neq n$$

$$A = 0 \quad r = n$$

$$B = 1 \quad r \neq 1$$

$$B = 0 \quad r = 1$$

Inequality (3) remains as a constant constraint. Evidently, above equations do not take into account the transient states. Such simplification is justified in view of limited displacement  $\Delta x$  and low speeds involve.

The speed of the creeping system is equal to

$$v = \frac{\Delta x}{nT_0} = \frac{\Delta x f}{n} \quad (6)$$

The speed is thus directly proportional to the shifting frequency  $f$ , and inversely, to the number of rings. The distance  $\Delta x$  is taken as a constant, corresponding to the maximum value of the applied force. It is seen that in creeping displacement the speed is easily varied by changing  $f$ .

The relation of pulse width to period

$$\beta = \frac{\Delta t}{T_0} \quad 0 \leq \beta < 1$$

has an interesting property. By optimising it, taking into account transient states, one can obtain a wave like succession of motions. Variable  $\beta$  will be termed the wave form factor of the creeping movement.

Since for small  $\Delta x$ , one can take  $\Delta x \sim \Delta t$  equation (6) can be rewritten

$$v = \frac{\Delta t}{nT_0} = \frac{\beta}{n}$$

The speed is, thus, proportional to the wave form factor.

Referring to the model of Fig. 4, it was assumed that the chain was displaced to the right. Since the chain rests invariant under the permutation of the rings, the displacement may start from any point and at any direction.

#### UPSIDE DOWN MOVEMENT

In evaluating the ways of locomotion, it is important to know how the moving member reacts to obstacles. An extreme example of such an obstacle is the moving upside down on a ceiling.

Assuming such a situation, equations (1), (2), (3) must be reconsidered. In equation (1) a transverse force  $-Q$  must be added in order to restore the ring to its place when its movement has come to end

$$P_1[u(t - t_0) - u(t - t_0 - \Delta t)] + mg - Q > 0 \quad (7)$$

Equations (2) and (3) remain unchanged. However, there is an additional constraint

$$F > mg \quad (8)$$

This condition is in no way restrictive. Since  $F$  has value 0 when  $m$  is being displaced, it does not matter how great  $F$  is in the quiescent state. Besides, in creeping movement relatively great surfaces are in touch with ground so that there exists favorable conditions for realization of (8).

#### CONCLUSION

The main purpose of the paper was to point out a new approach to kinesiology. The control theory approach can bring new results both in engineering as well as in the understanding of locomotion. There is no reason why full attention should not be given to study of locomotion mechanisms. Marey's remarks written many years ago still apply: "We may hope that a deeper knowledge of the different modes of animal locomotion will be a point of departure for fresh investigations, whence further progress will result."

It is recognized that from the scientific point of view, one cannot assert that the establishing of a cybernetical model constitutes the full proof of the identity of a mechanism in a machine with that of a man. As long as the development of such a model is not supported with additional experimental results, especially on biological



material, the value of the theory must be treated as hypothetical. This is not an attempt to deny the value of such studies in cybernetics but care must be taken not to give the analogs more value than they really have. This remark applies directly to this study. However, even such a general model as treated here shows that locomotion by creeping requires extremely simple control signals. On the other hand, the displacement by creeping is highly reliable and suitable to overcome varied obstacles.

#### ACKNOWLEDGMENT

Author wishes to express his sincere gratitude to Professor W. J. Karplus of University of California, Los Angeles, for his helpful remarks and critical review of this paper.

#### REFERENCES

- [1] TOMOVIC, R., *A possible classification of machines*. Proc. 1<sup>st</sup> International Congress on Cybernetics, Gauthier-Villars, Paris, 1958, pp. 242-247.
- [2] TOMOVIC, R., *Human hand as a feedback system*. 1<sup>st</sup> Congress of IFAC, Moscow, 1960.
- [3] See English translation by E. S. Forster, Harvard University Press, Cambridge, 1955.
- [4] MAREY, E. J., *Animal mechanism*. Trench & Co., London, 1883.
- [5] STEINDLER, A., *Kinesiology*. Charles C. Thomas, Springfield, U. S. A., 1955.
- [6] GRAY, J., *How animals move*. Cambridge University Press, Great Britain, 1959.
- [7] PIPES, L. A., *Applied mathematics for engineers and physicists*. McGraw-Hill, New York, 1958, p. 656-658.

# On basic aspects of the concept-transforming machine

by D. L. SZÉKELY,  
(*Jerusalem*)

---

The research for the instrumentalisation of concept construction and for the mechanisation of transformation of concepts within the framework of an interpreted calculus reached the construction of several well-functioning proto-models. There are many logical and technical problems involved in this instrumentalisation, and references to a model are often helpful at the introductory presentation of the sometimes very abstract problems.

An instrument capable of analysing and transforming concepts composed of algebrasyntactic and interpretative constituents may be of great interest on its own merit, but its final task will be to serve as one of the larger constituent units of a compound machine, e. g., a computer. The participation of such a unit turns the electronic apparatus into a "conceptual thinking machine".

At the very beginning, it is important to state that the term "thinking" receives a specific meaning, with reference to its instrumentalisation. The usual meaning of the term refers to a thinking conditioned by the colloquial language of a certain society and the linguistically conceived logic contained in it. As the colloquial language has not been built with the inclusion of a well constructed calculus, it cannot serve as the calculus-level basis of an instrumentalisation. Let us restate the same assertion on the level of single concepts : as the concepts of the colloquial language were not derived from a well constructed calculus with its system of interpretations, they are not well constructed concepts.

Any efficient instrumentalisation presupposes as its basis a well constructed algebrasyntactical calculus, simplified for mechanisation. The next step is the introduction of a theory and method of interpretations, adapted as well for instrumentalisation. If, anyhow,

we intend to include in the range of the apparatus concepts which were taken from a colloquial language, we have to look first for a well constructed one corresponding approximately to the given concept. Starting with the well constructed concept, i.e. one complying with the conditions laid down by A. Tarski in his "definability of concepts", we reduce the original completeness of the structure of our concept step by step, loosening its structure, until we arrive at something similar to the concept of the colloquial level. This approximation of the colloquial concept is not a well constructed one, but has at least a known connection to the well constructed one. This connection may be used in instrumentalisation to produce a replacing concept (or approximation of a concept) for the elimination of the colloquial one. Thus, the backbone of the instrumentalisation remains the well constructed calculus, and concepts which are not well constructed may receive a connection to a well constructed one.

The request to base the instrument on a logically well constructed calculus scheme implies the replacement of the (approximative) concepts and methods of everyday thinking by strict constructions. To exchange a concept of the usual thinking by a well constructed one equals its transformative reconstruction on a higher technical level. But the reconstruction of a single concept presupposes that of the whole calculus, thus instrumentalised thinking presses for a replacement of everyday methods and their reconstruction on a higher technical level.

But even after its replacement we cannot dispense with the services of everyday thinking. We retain it for explanations of the higher methods, as a "text-language" -thinking. Thus we arrive at a constellation at which two thinking methods may be used at the same time and in which we may use closed circular trains of operations, similar to the "zero balance" of concatenated operations and corresponding to the concept of the "tautology in operational mode of speaking".

We cannot define here the metalogical term "concept" as its explanation relies on the framework and formalism of the theory of its construction. For the time being, we retain the intuitive meaning and let it cover basic and derived cases of designata on any level of a hierarchy of types and of any meta-level of designation.

An apparatus may be called a "conceptual thinking machine" only if it satisfies in an efficient manner the followings:

i) Representation of the qualitatively defined concepts by means of a codified machine-language.

- ii) Transformation of concepts into other concepts.
- iii) Composition of concepts — starting with a set of different conceptual components — and vice versa: decomposition of a given concept into the same set of elementary components.
- iv) To construct schemata and forms for concepts; to find and substitute the suitable argumental concept into the corresponding scheme or form.
- v) To compare concepts and to express their respective differences in the form of a set or subset of the conceptual components.
- vi) To compare concepts and to evaluate them with regard to a given aspect, valueness, scale, and to use the result for decisions.

These are some of the most important demands of an apparatus to be called a concept transforming device. All these requirements refer to operations and efficiency of the apparatus. An apparatus may be constructed only on the basis of a general theory, which has to be adapted to the theoretical limitations connected with instrumentalisation and to the practical limitations of building a machine, or a special model of a machine. But i) to vi) are demanding in a non-explicit way a broad framework for the logics of the machine: a well constructed logic of science, including mathematical logic and its adaptation to physics and humanistics.

It would be erroneous to think of some more or less isolated concepts as the object of the operations on the machine. There are no isolated concepts amongst the well constructed ones: each well constructed concept belongs to some framework, or even calculus. It may be a scheme, a single axiom which could occur in several schemes, a form, an argument, a rule of interpretation, a limiting condition, etc., The framework presupposes a method of thinking including the rules of concept formation, or at least the habits for concept formation.

The instrumentalisation presupposes a general theory which is able to assert algebrasyntactically controlled sets of symbols, well adapted for possible interpretations. The sets of symbols should refer to various methods of thinking, to operations with concepts. In short, instrumentalisation presupposes a special language which is able to speak of other methods and languages.

This leads to a constellation denoted by the praedicat “meta” and in the followings we shall return to this important point.

One may wonder, if the present state of logic of science permits to approach the construction immediately: it appears to be advisable to allow for insufficiently developed sections of it and look



for ways to avoid eventual pitfalls owing to it. We already met two preliminary conditions: the meta-constellation and the need for a sufficiently developed logic of science. Now, we have to describe a third one: this is the unifying of the sciences for the purpose of a correct feeding into the apparatus. We are thinking as a first step of the unifying of the exact and approximately exact branches of science amongst themselves. The second step of the unification is that of the exact and non-exact branches of science including the many supposed intermediate degrees of exactness.

At the time of the Vienna Circle, the *unification* has been a slogan and a task for its own merit; now, at the age of the giant computers, it is just one of the preliminaries for the construction of the conceptual thinking machine.

We would like to point out a *few* of the many aspects of the unification as a task: those aimed at a broader framework for logic and logic of science, the important details referring to language, code, intercommunication and that dealing with symbols on the machine and the symbolisation of the problems and operations.

Let us suppose that the tasks of unification have been solved and let us proceed as follows.

We restrict the scope of unification to the fundamental components of the branches of science, e. g., schemes of axioms and rules of operations, models of interpretation and rules of coordination between models and syntactical schemata. By means of this we restrict of the field of operations on the conceptual thinking machine to the scope of unification of sciences. Anything, not being itself a basic component of the described kind, may be either derived from the set of the basic components, or alternatively, it does not exist with regard to the given model of thinking machine.

Let us call this kind of existence — with regard to a given model of a machine — in short, “machine-related existence”. This kind of existence is a greatly restricted one. But this drastical restriction is, at the same time, identical with the restriction to the realm of the *unification*, i. e. that of the unified science, or to the totality of structures made up of fundamental concepts entering the realm of unification. This is a restriction to essentials as selected from the point of view of the logic of sciences. It follows, that unification itself is, in such a case, machine-model related. In spite of the restriction to “essentials” and exclusion of thinking procedures of minor logical importance, the name “thinking machine” appears to be justified.

The expression "machine-related existence" belongs to a meta-language able to speak of the machine and of its theory. The language of unification is a meta-language as well, able to speak of each of its object-languages and objects entering the unification. The machine needs, as its "machine-language", a "common meta-language" embracing all sciences entering the realm of unification. Such a language is apt to have a great expressing power with reference to fundamental components and metalinguistic conceptual elements. The construction of such a machine-language must precede the mechanical construction of the machine itself. Given such a well constructed language, the mechanisation of it is, with the engineering experiences of our epoch, a minor technical task.

Thus, the apparently infinite possibilities of thinking operations are reduced to the realm of a machine-related existence and symbolised by means of a common meta-language which unifies the fundamental concepts by metalogical means. The basic elements of the machine are the unifying metalogical components.

Some meta-languages are suitable to evaluations of truth values, efficiency values and probabilities expressed by strings of symbols, or by co-acting sets of basic propositions with or without interpretations. Similar metalinguistic and manyvalued predicates for the evaluation of calculi are "exactness" and for interpreted calculi "precision" and "efficiency". The result of such evaluations is a series ordering the evaluated "objects" according to the degree of their exactness, their precision, or efficiency. The language of the unification and of the machine as well has to cover such evaluations, as mentioned already.

No single meta-language is appropriate to deal with sciences of different values according to one of the just mentioned evaluatory scales — at least at the present state of research. We suggest a practical solution by introducing two co-acting meta-languages of greatly different logical structure into a compound meta-language and use it as machine-language. If the co-acting is being controlled by a relation or a set of relational rules, the resulting compound language belongs to a logically generalised frame: to a field of the relation with two argumental meta-languages.

As the language of the machine has to respond to such requirements as described, it turns out to be a very peculiar language: it could be denoted — and with justification — as the "eigen-language of a certain model" of the conceptual thinking machine. It reminds of a code, or more particularly, of a "compound code"

built around a set of syntactical formulas and, for the purpose of future interpretations restricted syntactical formulas <sup>(1)</sup>.

The twofoldness of the compound meta-language has several advantages. Each subject is being dealt with from two different, but basically correlated points of view. Both of the componental languages contain forms of variables and arguments for them. Any two of them, if taken from the two componental languages, must be compatible. There are rules governing the cases of mutual exclusiveness. Strings of symbols, taken from the two componental languages, are "well constructed" only, if corresponding to these rules.

As our aim is to give a general description, we do not enter into technical details. But it should be emphasized that details change with the model, e. g., a change in the number of variables changes the whole constellation from several aspects at the same time.

#### THE REPRESENTATION OF A CONCEPT ON THE KEY-BOARD

Concepts taken from exact sciences can be translated into the language of the machine key-board without loss to their logical content. The same holds for the retranslation of the result of operations on the machine. The lower the degree of exactness of the object to be translated, the more loss is apt to occur during translation. As, in general, we have to calculate with some possible loss, an equivalent translation has to be replaced by a "redefinition". This is the conventionalised coordination of a combination on the key-board to the object-concept or the coordination of the common part of several combinations on the key-board to a set of related objects or object-concepts. We have to use the same device of redefinition when retranslating the results. The rules of redefinition are controlled, in addition to the logical rules, by rules of practice, based on an intimate knowledge of the object and the technique of translation. A translated object appears as a set of symbols on the key-board, which cannot be recognised by anyone not trained as an operator of the machine, and, therefore, being unaware of the methods of redefinition and retranslation. Results cannot be retranslated into current concepts without reference to the mentioned rules, applied in this case mostly in a converse direction. But a special programming is not necessary.

The key-board itself is arranged as an ordered array of variables

---

<sup>(1)</sup> D. L. SZÉKELY, *Compound code for computers*. Read at the Congress for computing machines, Hebrew Univ., 1960.

taken from the two componental meta-languages. Each of the variables has its particular values. The arrangement of the variables responds to syntactical formulas or schemata, constructed for possible interpretations.

Each variable and each value of a variable is being symbolised by a letter of the alphabet. As there are not enough letters, accents and repetitions are used.

On the key-board a concept appears as an ordered set of conceptual elements, viz. as a syntactically structured string of alphabetic symbols.

There are three prominent kinds of conceptual components built into the key-board: variables in their general form, particular values for a given variable and the syntactical schemata and rules appearing indirectly, e. g., as rules of usage for the key-board. That means the keys cannot be combined freely and they are not equivalent amongst themselves. Thus, it is misleading to speak of "combinations" of keys or variable values, without noting, that the permissible sets are definitely not mathematical combinations, but linear syntactical structures.

The so-called conceptual components are governed by the rules of a heterogenous-polybasic logic. This logic is, in the general sense of the word, the frame theory of the thinking machine and of the unification of the sciences as well. It is a mathematical logic adapted for physical interpretation — in distinction to semantical interpretation. Thus, the thinking machine utilises a physical logic which has been derived from the algebrasyntactical logic by adapting it to a polybasic system and to a general system of interpretation. This adaptation involves fundamental changes and excludes several axioms.

One of the two componental meta-languages has been reserved to deal predominantly with the specific problems derived from the physical polybasis. But both of the componental meta-languages are greatly affected by the polybasis, and so are the predominantly syntactical structures.

The word on the machine is not only a practical unit. It is a syntactically well constructed string of values of variables, adapted to the requirements of the polybasic interpretation or "physicalisation". If one or more variables appear within a string as a general symbol for this variable, then the word is a general or partially general one. If all the variables are represented by particular values, then the word corresponds to a particular concept.

A well constructed word as a string of elementary symbols is



not only a physically interpreted syntactical structure of the compound meta-language. Its general arrangement corresponds to two important aspects of our thinking habits: when thinking, we utilise syntactical schemata in the shape of structured strings of symbols, but in addition, we greatly rely on phonetised sign-vehicles, i. e. pronouncable strings of phonema being a part of the language in which we are thinking. We certainly do not think exclusively by means of language, but we rely on one, sometimes on more languages, when thinking in a conscious manner. Let us remember that we described an "existence with regard to a given model of machine"; the counterpart of it is the "existence with regard to a colloquial language". It is very difficult, if possible at all, to express something in a language to which this has not yet been adapted. Thus, the structure of the machine-word has a principal parallelity to structures used when thinking with the brain. The machine-word is phonetised and pronouncable, at least as long as the number of the variables does not grow so long as to produce words too long for an easy pronunciation and mnemotechnisation. The length of the longest possible word characterizes the model as well as the distribution of the variables on the two componental meta-languages. To find the optimal length and syntactical frame for structures for the word is a logical as well as a practical, phonetical and mnemotechnical problem. Surprisingly good results may be obtained from a model with sixteen variables for the first and two to four variables for the second componental meta-language. The longest word yields the frame for the most composed concepts on the model. But variables may remain empty, words may be shorter, as short as consisting of five variables.

Different lengths of the set of variables correspond naturally to different concepts. But shortness is by no means the measure of simplicity or a sign of simplification.

By means of eliminating, one by one, certain variables, i. e. by shortening, step by step, the originally complete frame of the longest word on the machine, we are arriving at a hierarchy of types for the model which corresponds to the polybasic constellation mentioned.

The relation of the "word" to its bases, its derivation from a certain constellation of bases is symbolised by fixing two variables or values of variables of the second componental meta-language and connecting these values to a dual number. This simple method gives us a sufficient and full characterisation of the compartmentalisation in general and of the specific compartment, to which the

concept belongs with regard to its polybasis. Let us call such a compartment a "domain". A domain covers the totality of concepts with the same relation or derivation with respect to the given set (or other structure) of fundamental basic cases. Let us assert that the totality of the algebraic and algebro-syntactic concepts is covered by the "empty" or "vacuogen" domain of interpretation. The idea of vacuogen interpretation is the empty identity case of interpretation. It includes the domain of algebra and syntax, into the set of basic interpretations, of which the first is supposed to have a very high degree of exactness, whereby syntax may occur on different level of exactness, including very low levels. The term "algebro-syntactic", coined by Carnap, refers to both of the possibilities. The introduction of the algebro-syntactic and vacuogen domain is one of utmost importance. It occurs in the theory of unification and it has been taken over into the instrumentalisation. But for the general physicalistic theory of unification, the non-empty cases of interpretation are the important ones and so they are for the theory of instrumentalisation of thinking.

A domain has been defined as an interpreted constellation of basis-cases; the expressions "derived domain" as against "fundamental domain" are speaking for themselves. Relations and functional forms with basic cases as arguments produce more compound structures and for each fundamental, derived and intermediate state there is a corresponding interpretation. A syntactical structure erected upon the basic cases produces a derived basis which may be coordinated to a derived interpretative structure. The structural coordinations between the domains are represented by means of dual figures. The second of the componental meta-languages, as mentioned already, has been adapted for a very compact symbolic rendering of the polybasic constellation and its interpretation into a coordinative structure of derived domains. The instrumentalisation of them is, thanks to the dual figures, an easy task.

We mentioned that within a domain, and within each of the domains, a hierarchy of types may be erected. The domain determinator is the same and remains fixed for all levels of types within a given domain. But there are two additional methods for slight modification of the local framework called "domain". The theories of exactness and precision lead to a modification by laminating the domain into "levels" of different degrees of exactness or precision. Each of the levels is being characterised by its own additional rules and restrictions for concept construction or principally different

methods of measurement. Concepts corresponding to one and the same level only may occur within a chain of operations. The intermingling of concepts belonging to different levels of lamination is ruled out. The second method of modification of the domain contains the emphasizing of one of the important basic components and elevating the already existing components into a focal position. Logic discourages any favoritism amongst the components; thus the logical importance of such a modification is secondary, but it reflects habits of brain-thinking .

One may ask why all these multiple ways and variants of concept construction. The answer is quite simple : they instrumentalise existing, accepted and often proficient, or scientifically important methods of concept construction and brain-thinking. The value of a machine would be poor, indeed, if it could not be adapted to minor methodological modifications, as for instance, to focusing the interest on operations as advocated by P. W. Bridgman, or to the extensionalistic approach of Rudolph Carnap to the vacuogenity of the algebrosyntactical domain just mentioned, or to the preference of a physical or linguistic method of one school or to a certain psychologism of the other and, last but not least, to the approach of the " modern algebra " with its emphasis of basic schemata. These and similar adaptations, as far as they could be carried out on a given model, are one of the tasks of the second componental meta-language.

Anyhow, considering the rich possibilities of argumental cases for the comparatively few places of variables assigned to the second componental meta-language, we arrive at a considerable number of domain-determinatives. These, combined with the sixteen places for variables of the first componental meta-language, some of which may have many individual values, are yielding a tremendous number of structural-combinatoric possibilities for machine words inspite of the many restrictions. A structural combinatorics over conceptual components co-acting with the determinative of a domain defines the structure of the concept (with relation to a given model), but the concept does not deserve yet to be called a " quantity ". Therefore, we refer to a concept at this state of its constructivity as " qualitatively defined " to emphasize the non-existence of an arithmetisation amongst its components. But an arithmetisation is a very specific basic task of theory construction and it is, sometimes, difficult to meet the needs connected with it.

Let us now compare the following principally different operations on concepts :

- i) Translation (as from one spoken language into a second one).
- ii) Translatory redefinition into machine-language.
- iii) Transformation of one concept into another one with regard to the same model.
- iv) Calculations with arithmetised concepts.

To i), a linguistic translation is a change of the sign-vehicle systems, whilst the designatum (or structure of designata) should remain unchanged. As long as synonyms are not totally excluded, determinatives remain unavoidable.

To ii), this is a redefinition by means of the logic and conceptual components of the machine-language, connected with a partial reconstruction of the former designatum and usually with a transposition of the result into a higher level of exactness. The designatum changes partially, its kernel remains approximately unchanged.

To iii), this is a total change of the designatum within a constant framework of sign-vehicles. The model of reference remains unchanged.

To iv), its prerequisite is an arithmetisation, i. e. the inclusion of arithmetics as one of the domains and within the vacuogen domain. Certain designatory components are measured and the result of measurement is being counted in values of relations (even if at first glance they appear to be rational numbers). The usage of relation-values makes the designatum of the measurement independent of the numerical value of the units. The totality of the operations belongs to a chain with a "zero check".

The model of thinking machine we are speaking of has been specially adapted for iii), i. e. to transform one concept into another one. The concept of "unification" may now be redefined, or restated. The scope of unification is the scope of iii), the model being characterised by its variables, and its co-acting meta-languages or metalinguistically employed compound code-languages. iii) presupposes the redefinition according to ii).

But even a mechanised translation from one spoken language into a second one is impossible without utilising the structured scheme of domain-determinatives, as used in the process of unification. This is the reason for the very approximate translations resulting on the present-day machines. There are many cases of one-more valued coordination of sign-vehicles to designata in the colloquial languages, crossing the boundaries of the domains described above: they are the so called synonyms. One of the



devices of unification, the scheme of domain-determinatives, has been created purposely to overcome this structural weakness of such languages and has been incorporated into the instrumentalisation by means of the second componental meta-language. This is the same device which controls logically and mechanically as well the heterogeneity of interdomain relations and their derivability from their polybasis.

The theory of the conceptual thinking machine is an adapted theory of concept construction utilising a heterogenous polybasic logic and several methods taken from the theory of unification, from physics, etc., or derived by a broad generalisation of the du-basic semantics. This theory has to be adapted to suit a materially built machine. Several variants of adaptations are possible, as usually when constructing a machine. Anyhow, when confronted with the usual methods of brain-thinking, all of them appear to be somewhat artificial — as in fact they are.

But there are tremendous epistemological differences between brain-thinking and instrumentalised thinking. The latter is far more definite and far more efficient despite the manifold restrictions emphasized several times. The restrictions are making the concepts into more definite ones.

The instrumentalised thinking demonstrates that the current concepts are constructed wastefully and poorly founded ; they are redundant and sketchy at the same time ; they could be subjected to a unification and the isolated concepts could be replaced by arrays having a common conceptual kernel. Science could dispose of a large part of the current concepts and replace them by arrays or fields of graduated well constructed concepts, or by central concepts capable of modifications by well defined additional components. The bulk of the current concepts is simply superfluous, the result of poor methods of construction. But such concepts take the place of missing well constructed ones which do not yet exist and are, in general, a hindrance of thinking. Allowed that this criticism is greatly exaggerated in respect of the exact sciences, it is still helpful to evaluate the rise of the modern algebra and its influence on mathematical logic. A compact building of well constructed and interconnected concepts replaced the multitude of concepts of the classical mathematics incompletely understood and poorly constructed. The whole of its development points to a deeper foundation of the methods, paralleled by a unification of the methodology and reduction of the number of basic concepts, by centering the interest of the scientists on basic propositions and

their co-acting into schemes or larger functional units. One may observe the same trend in other branches of science as well, thus a theory of unification should not be a surprise any more. The instrumentalisation in the shape of a concept transforming "thinking machine" is theoretically just one of the results of the unification.

As for the comparatively small number of variables of the unifying compound meta-language, let us remember the dimensional analysis, which is the most fundamental theoretical instrument of the physicists. Let us reformulate what Bridgman writes of his well known "dimensional analysis": "dimensional analysis is essentially of the nature of an analysis of an analysis" and we say "is a meta-analysis of an analysis" before entering into further details. In spite of the very small number of its basic units (two to five) dimensional analysis controls the whole world of the calculating physicist. At the same time, it disregards unimportant details by selecting the basically important meta-components and turning them into the mentioned "analysis of an analysis": the theories of unification and of instrumentalisation are utilising the same basic principles, completed by heterogenous polybasic logic several times mentioned. This approach justifies the criticism of Herbert Dingle and Mrs. Ehrenfest-Affanassyewa emphasizing that many of the most fundamental aspects of the dimensional analysis have not yet been understood and its importance greatly underestimated.

The great unifying capacity and conceptual versatility of the machine has been achieved by sacrificing details and concentrating on the the most basic components and structures, occuring in a very selective meta-language. The same methodological procedure occurs in the dimensional analysis. It appears that the later one is an arithmetised special case of the general theory called polybasic heterogenous logics. The same logics may explain what we are doing when using the data processing machines from a logical point of view.

A description of the scope of application, especially on the non-exact levels, presupposes technicalities, examples and explanation of many details and exceeds our present purpose. The problem of finding the minimum of basic cases, schemata and components has its counterpart in the dimensional analysis.

The conceptual thinking machine is a result of generalisations in the foundations of logic and physics and is together with the theory and practice of unification, amongst the first of the many applications of the generalised fundations possible.

Instead of a list of references, I mention thankfully the names of authors, whose books, advice or ideas helped me : Y. Bar-Hillel, P. W. Bridgman, R. Carnap, N. Chomsky, A. Church, H. Dingle, Mrs. Ehrenfest-Affanassyewa, H. Freudenthal, Ph. Frank, S. T. Kleene, Ch. Morris, M. Phister Jr., K. Popper, W. V. Quinne, Hans Reichenbach, A. A. Robinson, B. Russel et A. N. Whitehead, A. Tarski, H. Tur-Sinai, J. H. Woodger.

# Logical nets and human groups

by R. A. SHARPE,  
(*England*)

---

## I

It is unlikely that the study of human groups will ever become a mathematical science in the strict sense of the word. For one thing, it is difficult to obtain laws governing human behaviour showing that any given behaviour is a strict consequence of a general hypothesis and of initial conditions. Not only are we unable to find natural laws governing human behaviour but there is also the difficulty of the quantitative measurement of human reactions to external events. For example, the measurement of emotional reactions is far from easy. Yet these are the sort of difficulties we have to face if we were to analyse human groups using the mathematical sciences as a paradigm.

However, even if it is impossible to show that human behaviour is explained by universal laws which can be accepted or rejected according to the results of testing their consequences, we may be able to make some progress in a smaller way. We may be able to show that the study of groups can be formalised. In other words we may be able to show that a mathematical or logical notation can be used to describe or represent those entities which take part in groups and to show their interrelations. I shall try to demonstrate that the organisation and internal communications of these groups can in fact be formalised, and that their constituents and the way the constituents are related can be described by a logical notation.

However, before describing the physical characteristics of groups which such a notation would have to take into account, I shall describe the background to the present work. Most of us are familiar both with the analogy between the computer and the human brain and with the analogy between commercial organisation and the computer. The computer is thought to be sufficiently like the brain for it to be a source of new hypotheses about the latter which can be



tested against the known facts. We can use our knowledge about the computer to elicit new hypotheses about the brain. In the past twenty years this analogy has been developed and tested and is now largely accepted. This has led to the widespread view that the computer is sufficiently similar to the brain for us to be able, were it not for the purely practical difficulties of size and complexity, to build a machine which could simulate all the features of intelligence and goal-directed activity once thought to be peculiar to mankind. Of course, if we accept this, we can also accept the notion that the computer, appropriately programmed, can replace a lot of the work of industrial and commercial organisations. For if it can do the work of decision taking normally carried out by one person, a big enough computer can do the work of many, particularly where that work is repetitive and fairly simple. Here, indeed, the computer scores because we can build computers which, although without the great versatility of the human, can do certain tasks very much faster.

All this is more or less well-known and need not be elaborated : my main point in introducing it is to set the background of contemporary work on logical nets. In 1938, Shannon showed how computer circuitry can be described in terms of logical net theory using Boolean algebra. In 1943, McCulloch and Pitts showed that mathematical logic also applies to the neural circuitry of the brain. The logic is two-valued, i.e. each expression has a value 1 or 0 (true or false) which is in turn a function of the value of its constituent parts and the various elements of the circuit can be shown to correspond to the components of the logical calculus. If the logic applies to both the neural circuitry of the brain and to the circuitry of the computer, it is a natural step to suppose that the same logic will apply to the organisation of human groups. We should expect that the members of the group would be represented by logical variables and the relations between them by logical connections. The rest of this paper will discuss the type of logic required. We shall find that if we are to use logic to formalise human groups, we will have to use a logic rather different from the usual Boolean algebra : the inference from the similarity of logical net theory in the computer and the brain to the nature of the logic required to describe human groups is not an entirely justifiable step.

## II

An organisation is composed of members linked to a governing body by relations of responsibility. Any member is or should be

either responsible to someone or else have somebody responsible to him. Thus the basic relation in a human organisation is the vertical or responsibility relationship. If  $a$  is responsible to  $b$ , then  $b$  will command  $a$  but, as a general rule, not vice versa.

Members may also be related by horizontal or communication relations. Thus  $a$  will be horizontally related to  $b$  if the two communicate and pass items of information one to the other. Normally if  $a$  can inform  $b$ , then  $b$  can inform  $a$ . Systems for which this does not hold are, of course, conceivable but once again, as a general rule, we can say that if  $a$  informs  $b$ , then  $b$  will inform  $a$ .

These two logical relations are fundamental to the study of human groups. We can summarise the peculiar logical structure of human groups by saying that human organisations are systems of members related by asymmetrical command relationships and by symmetrical information relationships; an asymmetrical relation because if  $a$  commands  $b$ , then  $b$  will not command  $a$  and a symmetrical relation because if  $a$  informs  $b$ , then  $b$  can inform  $a$ . It is important to notice that the notation so far deals with channels of information or command, with the possibility of one informing or commanding the other rather than with the actuality.

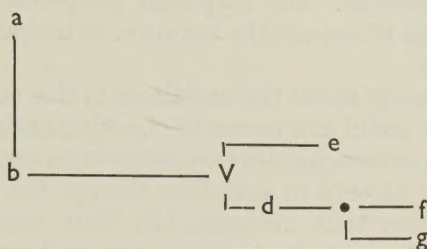
To this we can add two other relations or connections,  $\bullet$  (and) and  $V$  (vel). These are familiar from Boolean algebra. Roughly speaking the first represents the joint issuing of information to two or more members by another and the second the issuing of information by one member either to one or another member or to both. Thus  $a I (b.c.d.)$  would mean that  $a$  could inform  $b$  and  $c$  and  $d$  but not inform them separately and  $a I (b V c V d)$  that  $a$  could inform  $b$  or  $c$  or  $d$  together or separately. Any number of variables can be linked in this way.

If we represent the "command" relation by  $C$  and the "inform" relation by  $I$ , we can produce a vocabulary which differs slightly from the Boolean algebra usually used in logical net theory in its use of the pair of relations  $C$  and  $I$ .

<i>Symbol</i>	<i>Approximate interpretation</i>
$V$	either... or (or both)
$\bullet$	and
$C$	command
$I$	inform
alphabetic variables ( $a, b, c, \dots$ )	sub-groups and members linked by the above connectives

So that the following diagram, where vertical relations are rela-

tions of command or responsibility and horizontal relations are relations of information,



can be described in the notation as

$$a C b I (e V (d I (f \bullet g)))$$

where  $a$  commands  $b$  and  $b$  informs either  $e$  or  $d$ . If  $d$ ,  $d$  informs both  $f$  and  $g$ .

The introduction of some form of symbol to represent a particular item of information or a particular instruction raises difficulties because the logical character of  $I$  would not then remain unchanged. Whereas we might deduce that from  $a I b$ ,  $b I a$  follows, i. e. that if  $a$  can inform  $b$ ,  $b$  can inform  $a$ , what holds for the existence of channels does not necessarily hold for individual pieces of information. If  $a$  makes a statement  $x$  to  $b$ , we can not deduce that  $b$  therefore makes the statement  $x$  to  $a$ . This is a rather severe restriction, because it follows that a system which we could use to describe not only the existence of channels of information but also individual items of information such as statements or documents, would not have the logical characteristic of the symmetry of  $I$ .

A further difficulty regarding the universality of this notation is that we have assumed  $C$  is asymmetrical and  $I$  is symmetrical but what if there are systems for which these relations do not exist. Suppose  $a$  sometimes commands  $b$  and at that time or at a later date  $b$  commands  $a$ , or  $a$  informs  $b$  and  $b$  has no means of informing  $a$ .

The only way of getting round this difficulty would be to create a family of notations, each with slightly different spheres of reference. We would select the appropriate one for any given group: the structure of the group would still be a logical structure but the appropriate logic for describing it would be one of a number of alternatives.

To summarise, there are then two logical relations which are



fundamental to a study of human groups, one is a command relation, generally asymmetric and the other an information relation, generally symmetric. The empirical properties of organizations make it difficult to extend the notation to include the actual information passed.

What can we say about the usefulness of this notation? It would, I think, be most useful as a means of checking against the duplication of information or responsibility channels in an organisation. Like the use of Boolean algebra in switching theory, the notation would be convenient rather than indispensable. With enough detailed flow-charts we can eliminate duplications without having recourse to this logical notation and this, I suppose, is a powerful argument against its widespread use in commercial and industrial systems study. Its main point, like the discovery that nervous nets can be described logically will be a conceptual one in that it enables us to appreciate the essential similarity behind different types of intelligent and goal-directed behaviour.

#### BIBLIOGRAPHY

- McCULLOCH W. S. and PITTS W., *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*. Bulletin Mathematical Biophysics, 1943.  
MORGENSTERN, O., *Prolegomena to a mathematical theory of organisation*. Rand Corporation, 1950.  
SHANNON, C., *A symbolic analysis of relay and switching circuits*. Transactions American Institute Electrical Engineers, 1938.  
SHANNON, C. and MCCARTHY, J., *Automata studies*. Princeton, 1956.  
WISDOM, J. O., *The hypothesis of cybernetics*. British Journal of the Philosophy of Science, 1950.
-





